Aus dem physiologischen Institut der
Universität Berlin
Direktor: Geh. Obermedizinalrat Prof. Dr. Rubner.

Zur Bewegung des Magens vom Flußkrebs

(Potomobius astacus Leach).

BIBLIOTHEEK RIJKS UNIV. LEIDEN

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität

von

Dr. med. Chou Sung Sheng
aus Peking.

Tag der Promotion: 6. Mai 1924

497

Der Flußkrebs gehört zu den Tieren, die von jeher von den Naturforschern eingehend studiert worden sind; er war leicht erhältlich und bot wegen seiner anatomischen und physiologischen Eigentümlichkeit Anlaß zu Studien mannigfaltiger Art. So haben wir durch die Arbeiten älterer Forscher, wie Rösel, Suckow, von Baer, Oesterlen, Huxley, Moquard und anderen einen ungefähren Einblick in die Anatomie und Physiologie dieses Tieres erhalten. In den letzten Jahren ist besonders die Anatomie des Flußkrebses von Korschelt in Marburg und seinen Schülern sehr eingehend in Angriff genommen worden, sodaß wohl nach dieser Richtung hin ein lückenloses Bild der Anatomie des Flußkrebses geschaffen wurde.

Ueber die Physiologie des Flußkrebses liegen eine Reihe von sehr guten Beobachtungen der älteren Forscher vor, die uns vor allem über die Physiologie des Magens Auskunft geben. Diesen, schon sehr ins Spezielle gehenden Arbeiten hat Jordan 1904 seine Forschungen über die Verdauung hinzugefügt.

Physiologische Arbeiten speziell über die Magenbewegung liegen nicht vor. trotzdem doch anatomisch der Magen wegen seiner äußerst verwickelten Struktur eingehend studiert worden ist. Hinzu kommt, daß die Magen-Darmmuskulatur bei den Arthropoden quergestreift ist; Eduard Weber sagt vom Darmrohr der Arthropoden:

„Der Darmkanal des Krebses zeigt, ungeachtet er, wie Valentin beobachtet hat und ich bestätigen

kann, gestreifte Muskelfasern besitzt, vollkommen organische Bewegung, denn er zog sich sehr bald durch Einwirkung der Luft zusammen; berührte man ihn, ehe dies geschehen war, mit den Drähten des Rotationsapparates, so zog er sich an der berührten Stelle zusammen und verharrte in dieser zusammengezogenen Form. Rene du Bois-Reymond sagt in seiner Doktor-Dissertation, daß die großen Magenmuskeln des Krebses sich spontan nicht bewegen, auch dann nicht, wenn sie mittels zweier dicht bei einander aufgesetzter Drahtspitzen auf einen Augenblick elektrisch gereizt werden. Wirke dagegen der Reiz etwas länger ein, so ziehen sie sich sehr kräftig und nachhaltig zusammen und erschlaffen erst wieder nach Oeffnung des Stromes. Nach beiden Autoren scheint es so, als ob die quergestreifte Magen-Darm-Muskulatur des Krebses eine andere Form der Zusammenziehung haben müsse, als wie wir es sonst von quergestreifter Muskulatur gewöhnt sind. Ganz einzelstehend wäre dieser Fall nicht, z. B. ist die Trägheit der Bewegung des Faultieres ganz bekannt. Selbst im Kampfe mit seinen Wärtern, indem es sich sträubt, aus dem Käfig genommen zu werden, bewegt sich das Faultier so langsam, daß die Bewegungen fast alle für den beabsichtigten Zweck zu spät kommen. Wo ein Hund so schnell zuschnappt, daß die ganze Bewegung kaum zu sehen ist, beobachtet man, daß das Faultier den Kopf wendet, das Maul öffnet und dann den Hals streckt, so daß der Wärter die bedrohte Hand in aller Ruhe in Sicherheit bringen kann. Es dürfte daher wohl anzunehmen sein, daß das Tier tatsächlich nicht zu schnellerer Bewegung fähig ist, und daß diese Trägheit auf die besondere Beschaffenheit des Muskelgewebes zurückzuführen ist.

Aehnliches ergeben die Untersuchungen von Chapmann an den Muskeln von Echidna hystrix. Die Muskeln haben ein dunkelblau-rotes Aussehen, die Fasern

ein dickeres Sarkolemm als das anderer Säugetiere. Am Extensor digitorum sublimis wurden in situ ohne Unterbrechung des Kreislaufes eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, bei denen sich zeigte, daß die Latenzzeit etwa dreimal so groß war, als beim Kaninchenmuskel, und daß die ganze Zuckung eine volle Sekunde in Anspruch nahm.

Es liegen also Beobachtungen vor, nach denen quergestreifte Muskulatur sich ihrer Bewegung nach wie glatte Muskulatur verhalten kann. Es könnte also der Ablauf der Bewegungen des Magens beim Krebs trotz der quergestreiften Magenmuskulatur in den Formen vor sich gehen, die wir sonst bei der glatten Magendarmmuskulatur anderer Tiere kennen.

Da genaue physiologische Untersuchungen über die Bewegung des Krebsmagens nicht vorhanden sind, übernahm ich die Aufgabe, die Magenbewegung näher zu studieren.

Der Magen des Krebses hat ungefähr Klein-Haselnußgröße und liegt dicht unter dem hinteren oberen Teil des Kopfschildes.

Dem Magen wird von unten her durch den sehr kurzen Schlund die Nahrung zugeführt.

Im wesentlichen besteht der Magen aus einer zu einem starken Gerüst verdickten Innenhaut, an die sich von außen Muskeln ansetzen. Eine Schleimhaut besteht nicht. Schlund und innere Magenfläche sind mit einer Chitinschicht ausgekleidet, die eine Einstülpung der äußeren Bedeckung bildet. Huxley, dem wir genaue Kenntnis der Struktur des Magens verdanken, sagt von der Chitinschicht des Magens aus, daß sie sich stellenweise ungemein verdicken kann, ja, sie kann sogar verkalken und eine Anzahl von Skelettstücken hervorbringen, die zum Zerkleinern und Zerreiben der Nahrung dienen. In der Nähe des Pylorusteiles ist es besonders ein sattelförmiges Querstück, das von oben her mit

einem nach innen kantig vorspringenden Zahn zur Zerkleinerung der Nahrung dient. Gegen diesen schließen von unten zwei zackige Leisten den Pylorusteil von dem Kardiateil des Magens ab. Ersterer ist gegen den Kardiateil des Magens sehr klein und führt direkt in den Darm über.

Jordan ist es gelungen, die sehr verwickelten anatomischen Verhältnisse der Pars pylorica des Krebs-Magens physiologisch zu deuten.

Resorptive Vorgänge finden in dem Magen nicht statt, wohl aber finden sich im Magen Verdauungssäfte, die, von den stark entwickelten centralen Anhangsdrüsen des Darmes abgesondert, rückgängig in den Magen gelangen. Neben dieser verdauenden Einwirkung auf die Nahrung findet aber hauptsächlich im Magen ein mechanischer Einfluß auf die Nahrung statt. Auf ihn weisen ja auch die Zerkleinerungswerkzeuge hin, auf die ich schon vorher eingegangen bin.

Wie findet nun diese Zerkleinerung der Nahrung statt?

Die Magenbewegung wird, wie ich glaube, im wesentlichen durch zwei Muskeln bewerkstelligt, die sich von außen her an den Magen anheften. Sie heißen: vorderer und hinterer Kaumagenmuskel (musculus gastricus anterior und posterior). Beide Muskeln bestehen eigentlich aus je zwei Bündeln von Muskeln, die durch eine Muskelhaut von einander getrennt sind. Das vordere Muskelbündel hat ungefähr Quadratform mit einer Seitenlänge von 4 mm. Zwischen den beiden Muskeln liegt das gerade für das unbewaffnete Auge noch sichtbare Ganglion ventriculi superius.

Das hintere Muskelbündel ist ungefähr $^1/_3$ kleiner als das vordere.

Die Muskeln entspringen von der Innenfläche des Rückenschildes, und zwar zieht das vordere Muskel-

bündel von seiner Ansatzstelle, dem hinteren Teil des Kopfschildes und dem angrenzenden Thoraxteil des Rückenschildes, schräg nach unten hinten zum vorderen Pol des Magens; das hintere Muskelbündel entspringt von dem hinteren Teil des Rückenschildes und inseriert am hinteren Pol des Magens. Neben diesen beiden Muskeln heften sich noch einige weitere Muskeln an den Magen an. Sie treten aber an Masse weit hinter den soeben genannten Muskeln zurück und werden daher auch, wie ich annehme, bei der Magenbewegung eine untergeordnete Rolle spielen. Auch nach dem Bau der Innenfläche des Magens scheinen die beiden Muskelpaare bei der Magenbewegung die größte Rolle zu spielen.

Ich habe sowohl von den soeben näher beschriebenen Muskelbündeln als auch von dem Magensack Zupfpräparate angefertigt, um die mikroskopische Struktur kennen zu lernen. Ich habe immer eine feine Querstreifung der einzelnen Muskelfasern gefunden.

Wenn ich die Bewegungsform eines quergestreiften Muskels auf die ebenfalls quergestreifte Magenmuskulatur des Krebses anwende, so wäre zu erwarten, daß bei Reizung des Magens mit einem Einzelreiz eine mehr oder weniger schnell ablaufende Zuckung erfolgen müsse.

Bevor ich einen Reizversuch anstellte, versuchte ich, eine Spontanbewegung des Magens hervorzurufen. Zu diesem Zweck entfernte ich einen Teil des Rückenschildes, um den Magen in seiner ganzen Gestalt übersehen zu können. Dann legte ich den Krebs in einen Behälter, in dem sich etwas Froschfleisch befand und ließ das Tier in einem dunklen Zimmer allein. Jede Stunde sah ich dann nach, ob das Tier von dem Froschfleisch gefressen hatte, weil daraufhin Magenbewegungen auftreten müßten; das Fleisch ist aber nie angerührt worden. Von Fütterungsversuchen habe ich abgesehen,

da anscheinend der Krebs gegen operative Eingriffe empfindlich ist.

Nur einmal habe ich eine Magenbewegung gesehen, als ich den Magen freilegte: es war eine eben sichtbare, langsame Bewegung der oberen Magenwand nach dem Kopfe zu. Sonst habe ich nie eine spontane Bewegung gesehen.

Ich ging dazu über, den Magen als ganzes elektrisch zu reizen. Renè du Bois-Reymond hatte berichtet, daß die großen Magenmuskeln des Krebses sich nicht bewegen, wenn sie mittels dicht beieinander aufgesetzter Drahtspitzen auf einen Augenblick elektrisch gereizt werden. Wirkt dagegen der Reiz etwas länger ein, so ziehen sie sich sehr kräftig und nachhaltig zusammen und erschlaffen erst wieder nach Oeffnung des Stromes. Herr Dr. Schilf, Assistent des Instituts, und ich haben die Zuckungskurve des vorderen Magenmuskels im einzelnen genauer untersucht und sie in einer besonderen Arbeit, deren Veröffentlichung während der Niederlegung dieser Arbeit noch nicht erschienen ist, genauer beschrieben. Hier handelt es sich um die Untersuchung der Frage, wie der Magen als Ganzes bewegt wird.

Bevor ich dieser Untersuchung nähertrete, muß ich auf die soeben erwähnte Arbeit über die Zuckungskurve des vorderen Magenmuskels eingehen.

Ich habe darauf schon hingewiesen, daß sowohl der vordere als auch der hintere Muskel bei der Bewegung des Krebsmagens die größte Rolle spielen muß. Kennt man den Zuckungsverlauf dieser beiden Muskeln bei Einzelreizen und bei tetanischen Reizen, so kann man sich von dem Vorgang der ganzen Magenbewegung ungefähr ein Bild machen.

Die Methode der Aufzeichnung des Zuckungsverlaufes des vorderen Muskels bei elektrischem Reiz war folgende: Der Muskel — er hat ungefähr Quadratform mit einer Seitenlänge von 4 mm — wurde vom Magen

abgeschnitten, aber an seiner Ansatzstelle am Kopfschild belassen; dieses Ansatzstück wurde vom Rückenschild herausgeschnitten und mit einer kleinen Klemmschraube an einem Stativ befestigt. Der herunterhängende Muskel wurde mittels eines Häkchens an einem Engelmannschen Hebel, der die Kontraktionen auf ein Kymographion schrieb, befestigt. Gereizt wurde mit maximalen Oeffnungs-Induktionsschlägen eines du Bois-Reymondschen Schlittenapparates. Die Zuckungskurve bei einem Einzelreiz läuft nach einer Latenzzeit von 0,06 Sek. so ab, daß das Stadium der steigenden Energie 6—8 Sek. dauerte, während der Abfall äußerst langsam vor sich geht. Er währte durchschnittlich 5—7 Min. Treffen den Muskel Reize in Zeitabständen von weniger als 6 Sek. Dauer, so kommt ein Tetanus zustande.

Es wurde auch versucht, die Zuckungskurve des kleineren, hinteren Magenmuskels aufzunehmen. Er erwies sich aber als zu klein, als daß mit ihm zu diesem Zwecke hätte gearbeitet werden können.

Um von der Magenbewegung als Ganzes eine Vorstellung zu erhalten, reizte ich zuerst den größeren Magenmuskel in situ, das heißt, ich entfernte Kopf- und Rückenschild so, daß der Magen mit dem Muskelstumpf freilag. Dann befestigte ich an den Stumpf mit einem Häkchen eine Seidenschnur, die mit einem Engelmannschen Muskelhebel verbunden war Ich legte dann zwei feine Platinelektroden auf den Muskel und reizte, ebenfalls mit Maximal-Oeffnungsschlägen eines du Bois-Reymondschen Schlittenapparates. Das Ergebnis war dasselbe, das Herr Dr. Schilf und ich am isolierten Muskel erhalten hatten; verhältnismäßig kurze Latenz, Anstiegdauer von 5—6 Sek., sehr langer Abfall der Kurve.

In einem zweiten Versuche reizte ich den Muskel, ohne ihn sowohl vom Magen als auch von seiner

Ansatzstelle am Kopfschild zu entfernen. Mit dem Engelmannschen Hebel war jetzt der hintere Magenpol verbunden. Der Hebel schrieb auf das Kymographion die Muskelkurve des gereizten Magenmuskels Gleichzeitig konnte man mit dem mit einer Lupe bewaffneten Auge eine Bewegung des oberen Magenrandes nach vorn beobachten.

Es gelang mir nicht, auf dieselbe Art eine Magenbewegung hervorzurufen, wenn ich den hinteren, viel kleineren Magenmuskel reizte. Ich glaube aber nach der Lage dieses Muskels sagen zu können, daß er der Antagonist des größeren, vorderen Magenmuskels ist.

Daß bei der gesamten Magenbewegung die Kontraktion des vorderen Magenmuskels von ausschlaggebender Bedeutung ist, wurde mir aus folgendem Versuch klar: Ich ließ den Magen mit allen seinen Muskeln unversehrt am Kopfschild und reizte den Magen an verschiedenen Stellen. Immer erhielt ich dieselbe Magenbewegung.

Zwischen den beiden vorderen Magenmuskeln liegt das gerade für das Auge noch sichtbare Ganglion ventriculi superius.

Eine Reizung dieses Ganglions hatte ebenfalls die Kontraktion der großen Magenmuskel zur Folge.

Ich glaube, daß die Magenbewegung, wie sie durch die Kontraktion der vorderen Magenmuskeln ausgeführt wird, für die Zerkleinerung der Nahrung am zweckmäßigsten zu sein scheint. Das in der Nähe des Pylorus liegende Querstück der oberen Innenfläche des Magens kann mit seinen nach innen vorspringenden Zähnen bei dieser Art der Magenbewegung mit den zackigen Leisten der unteren Innenfläche des Magens am besten die Nahrung zerreißen. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß die hinteren Magenmuskeln die rückläufige Bewegung ausführen

Zusammenfassend kann ich sagen, daß die Magenbewegung beim Krebs von quergestreiften Muskeln ausgeführt wird. Die Art der Bewegung möchte ich als eine sägende Magenbewegung bezeichnen.

Für die Anregung zu dieser Arbeit und für die liebenswürdige Unterstützung bei ihrer Ausführung habe ich Herrn Professor du Bois-Reymond meinen ergebensten Dank abzustatten.

Literatur.

1. v. Baer, K., Ueber die sogenannte Erneuerung des Magens des Krebses und die Bedeutung der Krebssteine, 1934, S. 516.
2. Bethe, A., Ein Beitrag zur Kenntnis des peripheren Nervensystems von Astacus fluviatilis. Anat. Anzeiger Bd. 12, S. 31-35.
3. Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreiches. Bd. 5, Arthropoden 2. Abt. S. 96.
4. du Bois-Reymond, René, Ueber quergestreifte Darmmuskulatur, inbesondere der Schleie. Inaug. Diss. Berlin 1889. Med. Fak.
5. Chapman, The physiological propertics of Echidna hysterix. Journ. of Phys. Vol. 22, P. 283.
6. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie.
7. Höber, Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe, S. 39, Aufl. 4, 1914.
8. Hoffmann, P., Demonstration der Durchschneidung der hemmenden und fördernden Fasern, die zum Oeffnermuskel der Krebsschere ziehen. 6. Tagung der Physiolog. Ges. Berlin, 2. bis 5. Juni 1914. Zentralblatt f. Phys. 1914, Bd. 1, S. 772.
9. Huxley, Der Krebs, Eine Einführung in das Studium der Zoologie. Leipzig 1889.
10. Jordan, H., Beiträge zur vergleichenden Physiologie der Verdauung. 4. Verdauung und Verdauungsapparat des Flußkrebses. Pflügers Arch. Bd. 101, S. 263.
11. Keim, Wilh., Das Nervensystem von Astacus fluviatilis. Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, Bd. 123, 1915, S. 445.
12. Krohn, A., Ueber die Verdauungsnerven des Krebses. Ises 1834 p. 529 bis 531.
13. Lemoine. M. Victoire, Recherches pour servir, à l'histoire des systemes nerveux, musculaires, glandulaires, de l'écrivisse; Sciences naturelles. Zoologie. 5. Serie, Paris 1868.
14. List, Th., Morphologisch-biologische Studien über den Bewegungsapparat der Arthropoden. I. Teil astacus fluviatilis in: Mordhol. Jahrb. Leipzig 1865.
15. Milne, Edwards, Histoire naturelle des orustacés Bd. 1 und Atlas. Paris 1834.
16. Moquard, Recherches anatomiques sur l'estomac des Crustacés podophthalmaires. In: Annales des sciences naturelles. Zoologie, Tome 16. Paris 1883.

17. Oesterlen, Ueber den Magen des Flußkrebses. Müllers Arch. f. Anat u. Physiol. 1840 S. 407.
18. Parker, On the stomach of the fresh-water-crayfish. Jour. of Anat. and Physiol. Bd. 11, 1876.
19. Rollet, Zur Kenntnis der physiologischen Verschiedenheit der quergestreiften Muskeln der Kalt- und Warmblüter. Pflügers Arch. Bd. 71, S. 209.
20. Schmidt, Walter, Die Muskulatur von Astacus fluviatilis. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Bd, 113, 1915, S. 165.
21. Suckow, Der Flußkrebs. In: Anatomische und physiologische Untersuchung der Insekten u. Krustaceen. Bd. 1, Heft 1, Heidelberg 1918.
22. Vogt u. Yung, Praktisch vergleichende Anatomie, 2. Bd. S. 48.
23. Wagner, Handwörterbuch der Physiologie, Bd. 3, Abt. 2, p. 28.
24. Winterstein, Handbuch der vergleichenden Physiogolie, Bd. 3, Seite 45.
25. Hoppe-Seyler, Ueber Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung höherer u. niederer Tiere. Pflügers Arch. Bd. 14, 1876.
26. F. W. Krukenberg, Zur Verdauung bei den Krebsen. Heidelberger Untersuchungen. Bd. 1, S. 331, Bd. 2, S. 261 u. S. 23. 1878.
27. W. Netz, Das Skelett des Flußkrebses. Inaug. Diss. Margburg 1917.

Lebenslauf.

Ich, Chou Sung Sheng, wurde am 12. Dezemb. 1880 zu Ankiu in der Provinz Schantung geboren. Mein Vater war Gymnasiallehrer. Im Jahre 1903 wurde ich von der Schantung Provinzial-Hochschule zur Vollendung meines Studiums nach Japan geschickt. Dort besuchte ich die Kobunschule (Gymnasium). Nach dreijähriger Schulzeit legte ich meine Prüfung in dieser Anstalt ab. Darauf besuchte ich die Kanasawa Medizinische Hochschule in Japan. Nach vier Jahren erhielt ich dort mein Diplom, und ich praktizierte ein Jahr bei Professor Jamasaki in dem Hospital zu Kanasawa.

Im Jahre 1912 ging ich nach China zurück. Ich wurde Direktor des Hospitals der Provinz Schantung.

Im Jahre 1913 wurde ich Professor im Pekinger Medical College. 1914 ging ich wieder nach Japan, um die Wissenschaften zu studieren. Dort war ich ein Semester in der Universität in Tokio und habe bei Professor Oausawa und Professor Kumagawa im Physiologischen und Physiologisch-chemischen Institut gearbeitet. Ebenfalls studierte ich in der Universität in Kioto ein Semester und arbeitete dort bei Prof. Alaki, Prof. Morischima und Prof. Iciecawa im Physiologischen, Pharmakologischen und Chemischen Institut. Bisher dauerte meine Lehrtätigkeit in Peking 7 Jahre.

Im Jahre 1919 wurde ich von dem Unterrichtsministerium in Peking nach der Schweiz geschickt. Im Februar 1920 kam ich nach Deutschland und ließ mich im April 1920 in Berlin immatrikulieren und bei der medizinischen Fakultät inscribieren Ich hörte hier die Vorlesungen der Herren: Geh. Ober-Medizinalrat Prof. Rubner, Geh. Med -Rat Prof. Kraus, Geh. Med.-Rat Prof. Greef und Prof. Steudel. Ich habe bei Geh. Med.-Rat Prof. Heffter, Prof. du Bois-Reymond, Prof. Gildemeister und Prof. Stendal gearbeitet. Meine Arbeit erhielt ich von Prof. du Bois-Reymond.